

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-133255

(43)公開日 平成11年(1999)5月21日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 0 2 B 6/122  
6/34

識別記号

F I  
G 0 2 B 6/12 A  
6/34

審査請求 未請求 請求項の数12 OL (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平9-298059

(22)出題日 平成9年(1997)10月30日

(71)出願人 000005223  
富士通株式会社  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72)発明者 長沼 典久  
北海道札幌市中央区北一条西2丁目1番地  
富士通北海道ディジタル・テクノロジー株  
式会社内

(72)発明者 高松 久志  
北海道札幌市中央区北一条西2丁目1番地  
富士通北海道ディジタル・テクノロジー株  
式会社内

(74)代理人 弁理士 ▲高▼須 宏

**最終頁に続く**

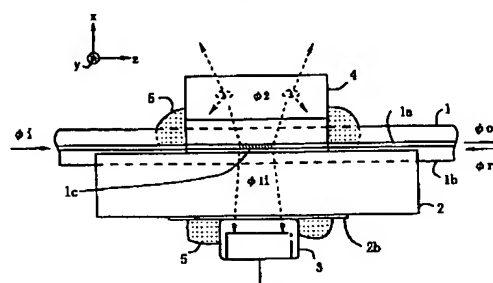
(54)【発明の名称】 光モニタデバイス及びその装置

(57) 【要約】

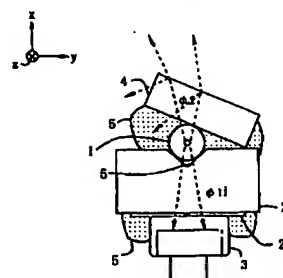
【課題】 光モニタデバイス及びその装置に関し、特定の導波光（進行波又は逆行波等）の一部を高精度で検出できることを課題とする。

【解決手段】 コア部1aに傾斜ブラッググレーティング1cを有するグレーティングファイバ1と、透明な支持基板2と、前記傾斜ブラッググレーティング1cからのブラッグ条件を満足する特定の回折光 $\phi_1$ を受光する受光素子3とを一体化して備える。好ましくは、グレーティングファイバ1の上側に傾斜した透明な上部基板4を設け、グレーティングファイバ1から放射される不用光 $\phi_2$ を外部に放射（屈折）又は受光素子3とは異なる方向に反射させる。

### 本発明の原理的構成図



(A) 同位素



(B) 背面圖

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 コア部に傾斜ブラッググレーティングを有するグレーティングファイバと、  
前記グレーティングファイバを支持する透明な支持基板と、  
前記支持基板の下側主面に設けられ、前記傾斜ブラッググレーティングからの回折光を受光する受光素子とを備えることを特徴とする光モニタデバイス。

【請求項 2】 少なくとも下面の一部を前記グレーティングファイバの外周面に接し、かつ前記受光素子の受光面と対向する部分の外側端面が該受光面に対して傾斜している透明の上部基板を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の光モニタデバイス。

【請求項 3】 前記グレーティングファイバと前記支持基板及び又は上部基板との接触面の周囲に透明な接着剤を充填したことを特徴とする請求項 2 に記載の光モニタデバイス。

【請求項 4】 前記グレーティングファイバの外周面に接する透明な第 2 の支持基板と、  
前記第 2 の支持基板の上側主面に設けられ、前記傾斜ブラッググレーティングからの第 2 の回折光を受光する第 2 の受光素子とを備えることを特徴とする請求項 1 に記載の光モニタデバイス。

【請求項 5】 支持基板と、  
前記支持基板の主面上に設けられ、導波路に傾斜ブラッググレーティングを有する光導波層と、  
前記支持基板の側に設けられ、前記傾斜ブラッググレーティングからの回折光を受光する受光素子と、  
前記光導波層の主面上に設けられ、前記受光素子の受光面と対向する部分の外側端面が該受光面に対して傾斜している上部基板とを備えることを特徴とする光モニタデバイス。

【請求項 6】 導波路に傾斜ブラッググレーティングを有する光導波層と、  
前記光導波層の第 1 の主面上に設けられ、前記傾斜ブラッググレーティングからの第 1 の回折光を受光する第 1 の受光素子を備える第 1 の基板と、  
前記光導波層の第 2 の主面上に設けられ、前記傾斜ブラッググレーティングからの第 2 の回折光を受光する第 2 の受光素子を備える第 2 の基板とを備えることを特徴とする光モニタデバイス。

【請求項 7】 基板の少なくとも一主面に誘電体多層膜よりなる光学膜を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか 1 に記載の光モニタデバイス。

【請求項 8】 光学膜は無反射膜、短波長通過フィルタ膜、帯域通過フィルタ膜又は長波長通過フィルタ膜であることを特徴とする請求項 7 に記載の光モニタデバイス。

【請求項 9】 ブラッググレーティングの傾斜角が光軸に対して 30 度乃至 60 度の範囲にあることを特徴とす

る請求項 1 乃至 8 の何れか 1 に記載の光モニタデバイス。

【請求項 10】 光増幅器と、  
前記光増幅器の出力ラインに設けられた請求項 1 乃至 9 の何れか 1 に記載の光モニタデバイスと、  
前記光モニタデバイスの検出信号に基づき前記光増幅器の光出力一定制御を行う制御部とを備えることを特徴とする光増幅装置。

【請求項 11】 光増幅器と、  
前記光増幅器の出力ラインに設けられた請求項 1 乃至 9 の何れか 1 に記載の光モニタデバイスと、  
前記光モニタデバイスにおける戻り光の検出信号に基づき前記光増幅器の利得低下又は停止制御を行う制御部とを備えることを特徴とする光増幅装置。

【請求項 12】 請求項 1 乃至 4 に記載の複数の光モニタデバイスを直列に接続又は 1 本のファイバ上に形成したことを特徴とする光モニタ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光モニタデバイス及びその装置に関し、更に詳しくは光通信信号の一部を電気信号に変換する光モニタデバイス及びその装置に関する。例えば光増幅器では出力の光信号レベルを検出して光出力一定制御が行われる。また、近い将来における光波長多重通信では波長毎の信号レベルを効率よく検出することが求められる。

## 【0002】

【従来の技術】図 11、図 12 は従来技術を説明する図 (1)、(2) である。図 11 (A) は従来の光ファイバ増幅器を説明する図で、従来の光モニタ構造の一応用例を示している。図において、21 は信号光と励起光を合波する光カプラ、22 は戻り光によるレーザ発振を抑圧するための無偏波型光アイソレータ (I)、23 は光ファイバ増幅を行うエルビウム ( $\text{Er}^{3+}$ ) ドープファイバ (EDF)、24 は増幅された信号光、広帯域にわたる自然放出光及び吸収されなかった励起光から前記増幅された信号光のみを抽出する狭帯域光バンドパスフィルタ (BPF)、25 は出力信号光の一部を分岐するビームスプリッタ (BS)、26 は分岐光の光強度を検出するフォトダイオード (PD)、27 は分岐光の検出力 MS に基づき出力信号光の光出力一定制御を行う自動利得制御部 (APC)、28 は励起光 (例えば波長 1.48  $\mu\text{m}$ ) を発生する励起用レーザダイオード (LD)、29 はファイバコネクタ、30 は光伝送路等に接続するためのファイバケーブルである。

【0003】信号光は光カプラ 21 で励起光と合波され、エルビウムドープファイバ 23 で光増幅される。増幅された信号光はビームスプリッタ 25 で一部が分岐され、残りはファイバコネクタ 29、ファイバケーブル 30 を介して光伝送路等に送出される。また分岐光は PD

26で検出信号MSに変換され、APC27は該検出信号MSに基づき出力信号光の光出力一定制御を行う。かくして、この様な光ファイバ増幅器によれば、偏波に依存しない高利得特性(40dB以上)、高出力、低結合損失、低雑音指数(3~5dB)、信号光の広い増幅帯域(波長1.53 $\mu$ m~1.58 $\mu$ m)等が得られる。

【0004】図11(B)は従来の光モニタ構造(BS25、PD26から成る構造)の詳細を示しており、図において、41はファイバ融着カブラ、42はファイバスプライス部、43は光コネクタ部、44は集光レンズ、26は光コネクタ部43に固定されたフォトダイオード(PD)である。図示の如く、従来の光モニタ構造はファイバ融着カブラ41で分岐した分岐光を接続ファイバで引回し、PD26で受光する構成が一般的であった。

【0005】しかし、この方式によると、ファイバ融着カブラ41とPD26とが夫々個別のデバイスとして構成されている上、更に分岐光を導くためのファイバ素片やファイバスプライス部42等が必要となるため、光モニタ構造の実装面積が大きくなり、装置小型化の点で問題があった。しかも、ファイバ融着カブラ41は戻り光(信号光の反射光)とも結合する可能性があるため、図11(A)の用途では、光コネクタ29にファイバケーブル30が装着されている場合は良いが、もし外されると、戻り光の結合により検出信号MSが不安定となり、APC27の利得制御に支障を来す恐れがあった。

【0006】また従来は、グレーティングカブラとその導波端面に設けた反射膜とにより効率良い光検出を行う光集積回路が知られている(特開平6-67046)。図12に従いその内容を概説する。図において、51はn形シリコン基板、52はP形領域、53はSiO<sub>2</sub>下部クラッド層、54は導波層、55はSiO<sub>2</sub>上部クラッド層、56はグレーティング構造、57、58は全反射膜である。

【0007】入力導波光は、グレーティングカブラ56の存在によりその一部が下部クラッド層53と上部クラッド層55とに分岐され、この内の下部クラッド層53への分岐光は直接光検出部52に至り、また上部クラッド層55への分岐光は全反射膜57で全反射され、これも光検出部52に至る。一方、出力側の導波層54に抜けた残りの導波光は全反射膜58で全反射され、戻り光となって再度グレーティングカブラ56に至り、下部クラッド層53と上部クラッド層55とに分岐される。そして、下部クラッド層53への分岐光は直接光検出部52に至り、また上部クラッド層55への分岐光は全反射膜57で全反射され、これも光検出部52に至る。従って、信号光の全てを漏れなく検出できる。

【0008】しかし、この構成では導波光の一部を高精度で検出できない。また導波光の一部を高精度で検出し

ようすると、結局外部に図11(B)に示す様なファイバ融着カブラ41が必要となり、光モニタ構造の実装面積が大きくなる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記の如く、従来は特定の導波光(進行波又は逆行波等)の一部を高精度で検出できる光モニタデバイスが無かった。本発明の目的は、特定の導波光(進行波又は逆行波等)の一部を高精度で検出できる小型な光モニタデバイス及びその装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記の課題は例えば図1の構成により解決される。即ち、本発明(1)の光モニタデバイスは、コア部1aに傾斜ブラッググレーティング1cを有するグレーティングファイバ1と、前記グレーティングファイバを支持する透明な支持基板2と、前記支持基板の下側主面に設けられ、前記傾斜ブラッググレーティングからの回折光 $\phi_i$ を受光する受光素子3とを備えるものである。

【0011】ファイバコア1aに傾斜ブラッググレーティング1cを設けたので、従来の様なファイバ融着カブラを用いずとも、主信号ラインの特定の導波光(進行波 $\phi_i$ 又は逆行波 $\phi_r$ 等)の一部を強く一定方向に高精度で回折でき、この場所に受光素子3を一体化して設けることで、光モニタデバイスを小型に提供できる。またこの光モニタデバイスはグレーティングファイバ1を光導波路とするため、一般の主信号ラインの光ファイバとの接続が容易であり、主信号ラインの任意の場所に容易に接続(挿入)できる。なお、上記透明な支持基板とは、導波光に対して透明な支持基板であり、好ましくはファイバクラッド1bと同一の屈折率を有する。

【0012】好ましくは本発明(2)においては、上記本発明(1)において、少なくとも下面の一部を前記グレーティングファイバ1の外周面に接し、かつ前記受光素子3の受光面と対向する部分の外側端面が該受光面に対して傾斜している透明の上部基板4を備える。従って、傾斜ブラッググレーティング1c等からの不用な放射光 $\phi_2$ は上部基板4の外側端面で外部に放射又は受光素子3とは異なる方向に反射され、よって受光素子3は傾斜ブラッググレーティング1cからの特定の回折光 $\phi_i$ のみを高精度で検出できる。

【0013】また好ましくは本発明(3)においては、上記本発明(2)において、前記グレーティングファイバ1と前記支持基板1及び又は上部基板4との接触面の周囲に透明な接着剤5を充填したものである。従って、傾斜ブラッググレーティング1cから受光素子3及び上部基板4に至る各光路は屈折率の均一な媒体となり、途中における不用な反射や屈折は生じない。

【0014】また上記の課題は例えば図5の構成により解決される。即ち、好ましくは本発明(4)において

は、上記本発明(1)において、前記グレーティングファイバ1の外周面に接する透明な第2の支持基板12と、前記第2の支持基板の上側主面に設けられ、前記傾斜ブラッググレーティング1cからの第2の回折光 $\phi_{1r}$ を受光する第2の受光素子13とを備えるものである。

【0015】係る構成では、今、入射端からの信号光 $\phi_i$ の一部 $\phi_{1i}$ が受光素子3の側に回折されるとすると、傾斜ブラッググレーティング1cの光学的対称性より、出射端からの戻り光(信号光 $\phi_i$ の反射光等) $\phi_r$ の一部 $\phi_{1r}$ は反対側の受光素子13の側に回折される。従って、入射光 $\phi_i$ と戻り光 $\phi_r$ との各所定の分岐光 $\phi_{1i}$ 、 $\phi_{1r}$ を効率良く分離でき、これらを別々に検出できる。

【0016】また上記の課題は例えば図6の構成により解決される。即ち、本発明(5)の光モニタデバイスは、支持基板2と、前記支持基板の主面に設けられ、導波路7aに傾斜ブラッググレーティング7cを有する光導波層7と、前記支持基板2の側に設けられ、前記傾斜ブラッググレーティングからの回折光を受光する受光素子3と、前記光導波層7の主面に設けられ、前記受光素子3の受光面と対向する部分の外側端面が該受光面に対して傾斜している上部基板8とを備えるものである。

【0017】従って、傾斜ブラッググレーティング7c等からの不用な放射光 $\phi_2$ は上部基板8の外側端面で外部に放射又は受光素子3とは異なる方向に反射され、よって受光素子3は傾斜ブラッググレーティング1cからの特定の回折光 $\phi_{1i}$ のみを高精度で検出できる。なお、図は上部基板8の外側端面をファイバ軸の回りに傾斜させた場合を示しているが、ファイバ軸の方向に傾斜させても良い。

【0018】また上記の課題は例えば図7又は図8の構成により解決される。即ち、本発明(6)の光モニタデバイスは、導波路7aに傾斜ブラッググレーティング7cを有する光導波層7と、前記光導波層の第1の主面に設けられ、前記傾斜ブラッググレーティングからの第1の回折光 $\phi_{1i}$ を受光する第1の受光素子3を備える第1の基板2(又は9)と、前記光導波層の第2の主面に設けられ、前記傾斜ブラッググレーティングからの第2の回折光 $\phi_{1r}$ を受光する第2の受光素子13を備える第2の基板12(又は19)とを備えるものである。

【0019】従って、入射光 $\phi_i$ と戻り光 $\phi_r$ との各所定の分岐光 $\phi_{1i}$ 、 $\phi_{1r}$ を効率良く分離でき、これらを別々に検出できる。好ましくは本発明(7)においては、上記本発明(1)～(6)において、基板の少なくとも一主面に誘電体多層膜よりなる光学膜を備える。従って、傾斜ブラッググレーティングからの分岐光 $\phi_{1i}$ 及び又は $\phi_{1r}$ に対して様々な光学的処理を施せる。

【0020】また好ましくは本発明(8)においては、上記本発明(7)において、光学膜は無反射膜、短波長通過フィルタ膜、帯域通過フィルタ膜又は長波長通過フ

ィルタ膜である。光学膜を無反射膜とすれば、ファイバコア1a(即ち、相手側受光素子)側に反射する様な不用光 $\phi_2$ 等の成分を有効に抑圧できる。また光学膜を各種のフィルタ膜とすれば受光素子は特定の波長帯域の光のみを高精度で検出できる。

【0021】また好ましくは本発明(9)においては、上記本発明(1)～(8)において、ブラッググレーティングの傾斜角が光軸に対して30度乃至60度の範囲にある。傾斜ブラッググレーティングの傾斜角がこの範囲にあれば、分岐光の垂直からの傾斜も比較的少ないので、光モニタデバイスを小型に構成できる。また、例えば図8に示す如く、分岐光 $\phi_{1i}$ 、 $\phi_{1r}$ を互いに逆方向に傾斜させると、これらの反射光は相手側の受光素子には向かないので、不用光の干渉を大幅に低減できる。また、分岐光の垂直からの射出角に余裕があると光導波層7の上下に様々な構造の受光素子を形成できる利点もある。

【0022】また上記の課題は例えば図9の構成により解決される。即ち、本発明(10)の光増幅装置は、光増幅器(例えばEDF23等)と、前記光増幅器の出力ラインに設けられた上記本発明(1)～(9)の光モニタデバイス33と、前記光モニタデバイスの検出信号MS<sub>i</sub>に基づき前記光増幅器の光出力一定制御を行う制御部27とを備えるものである。

【0023】上記本発明(1)～(9)の光モニタデバイス33を備えることで、該光モニタデバイス33は、ファイバケーブル30の挿抜によらず、常に入射信号光 $\phi_i$ の分岐光 $\phi_{1i}$ のみを高精度で検出できる。従って、制御部27は光モニタデバイス33の検出信号MS<sub>i</sub>に基づき信号光 $\phi_i$ の出力一定制御を安定に行える。また上記の課題は例えば図9の構成により解決される。即ち、本発明(11)の光増幅装置は、光増幅器(例えばEDF23等)と、前記光増幅器の出力ラインに設けられた上記本発明(1)～(9)の光モニタデバイス33と、前記光モニタデバイスにおける戻り光 $\phi_r$ の検出信号MS<sub>r</sub>に基づき前記光増幅器の利得低下又は停止制御を行う制御部34とを備えるものである。

【0024】上記本発明(1)～(9)の光モニタデバイス33を備えることで、該光モニタデバイス33は、ファイバケーブル30を外したことによる戻り光(信号光 $\phi_i$ の反射光) $\phi_r$ の分岐光 $\phi_{1r}$ のみを高精度で検出できる。従って、制御部34は光モニタデバイス33の検出信号MS<sub>r</sub>に基づき光増幅器の利得低下又は停止制御を確実に実行する。

【0025】好ましくは、上記本発明(4)又は(6)の光モニタデバイスを使用すれば、分岐光 $\phi_{1i}$ 、 $\phi_{1r}$ の検出を一つの光モニタデバイス33で行え、この種の光増幅装置を小型に構成できる。また上記の課題は例えば図10の構成により解決される。本発明(12)の光モニタ装置は、上記本発明(1)～(4)の複数の光モニ

10

20

30

40

50

タデバイスを直列に接続又は1本のファイバ上に形成したものである。

【0026】従って、光波長多重通信システムにおいても、各波長の信号光の一部又は全部を高精度で検出できる。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、添付図面に従って本発明に好適なる複数の実施の形態を詳細に説明する。なお、全図を通して同一符号は同一又は相当部分を示すものとする。図2は実施の形態によるブラッググレーティングファイバを説明する図で、図2(A)は2光束干渉法(ホログラフィック干渉法とも呼ばれる)による屈折率分布形傾斜グレーティングファイバの製法を示している。図において、1はファイバ素線、1aはそのコア部、1bは周囲のクラッド部、1cは傾斜ブラッググレーティングである。

【0028】ファイバ素線1のコア1a(グレーティング材)としては、光又は電子ビームの照射により屈折率変化を生じる様な感光性(例えばGeをドープした)の光導波路材料を用いる。またファイバ1の外形は円筒形であるが、そのコア径は十分に小さいので、コア1aの部分に関しては、その上下を略平板のクラッド材1bで挟まれた形と考えられる。従って、以下の方法により傾斜ブラッググレーティングを形成可能である。

【0029】図示しないが、光源のレーザビーム(波長 $\lambda$ )をハーフミラーで2分割(好ましくは強度比1:1)し、夫々をビーム拡大レンズで拡大した後、コリメーションレンズで2つの平面波 $B_1$ 、 $B_2$ となす。更にこれらの光路長を等しく保ち、かつ必要ならファイバ軸の方向に所要のグレーティング長 $L$ を得るためのマスクを介して、各平面波 $B_1$ 、 $B_2$ をファイバ素線1に照射する。

【0030】なお、ファイバクラッド1bの円筒形がレンズ作用をしてコア部1aにおける結像に問題がある時は、ファイバ素線1をクラッド1bと同一屈折率の液体に浸すか、又はマスクのスリット幅を狭くする。図において、各平面波 $B_1$ 、 $B_2$ のコア1aへの照射は法線との角 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ をなすように行う。2光束干渉法で生じる干涉縞は感光材料層1a内で立体構造を持っており、クラッド1bとコア1aとの境界面での屈折後の進行角を夫々 $\theta_1'$ 、 $\theta_2'$ とすると、干涉縞面の傾斜角 $\theta''$ は前記 $\theta_1'$ 、 $\theta_2'$ を2等分する角となる。また、干涉縞の周期 $\Lambda = \lambda / (\sin \theta_1 + \sin \theta_2)$ の関係があり、レーザ波長 $\lambda$ と入射角 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ とを適当に選ぶことで所望の周期 $\Lambda$ 、傾斜角 $\theta''$ の干涉縞が得られる。好ましくは、この傾斜角 $\theta''$ が60度~30度(即ち、光ファイバ軸に対して30度~60度)の範囲となる様に選ぶ。なお、この様な傾斜グレーティングは電子ビーム描画法によっても制作できる。

【0031】図2(B)は上記ブラッググレーティング

ファイバによる導波モード-放射モード結合の作用を示している。入射端からの信号光 $\phi_i$ は傾斜ブラッググレーティング1cを通過する際にその一部が高屈折率により反射(散乱)され、残り $\phi_o$ は出射端の側に導かれる。上記反射された光のうち、ブラッグ条件を満たす光は互いに強め合い、一定方向への回折光 $\phi_{li}$ となって現れる。因みに、この場合のブラッグ条件は次式で与えられる。

$$【0032】 2\Lambda \sin \theta = N(\lambda/n)$$

但し、 $\Lambda$ :ブラッググレーティングの周期

$N$ :整数

$\lambda/n$ :コアの屈折率 $n$ における信号光波長

この場合に、分岐光 $\phi_{li}$ の分岐比はファイバ軸方向のグレーティング長 $L$ により選択可能である。従って、分岐光 $\phi_{li}$ を受光する位置に受光素子を設けることで、入力信号光 $\phi_i$ の一部(又は全部)を高精度に検出できる。なお、実際は上記回折光 $\phi_{li}$ 以外にも、散乱光が生じ得る。ここでは、その内の前記受光素子と反対方向(図の上向き)に散乱する様な光をまとめて散乱光 $\phi_2$ と呼ぶ。この散乱光 $\phi_2$ については、後述の上部基板により受光素子の側には戻らないように処理される。

【0033】ところで、現実には射出端の側より上記信号光 $\phi_i$ と同等の戻り光(反射光) $\phi_r$ が入射する場合がある。この場合は傾斜ブラッググレーティング1cにおける光学的構造の対称性により、上記同様にして射出端からの戻り光 $\phi_r$ はその一部が他の一定方向への回折光 $\phi_{lr}$ となって現れ、残りは入射端の側に導かれる。従って、この分岐光 $\phi_{lr}$ を受光する位置にも受光素子を設けることで、信号光 $\phi_i$ の分岐光 $\phi_{li}$ と戻り光 $\phi_r$ の分岐光 $\phi_{lr}$ とを個別に検出できる。

【0034】図3は第1の実施の形態による光モニタデバイスを説明する図で、図において、1は光ファイバ素線、1aはそのコア部、1bはクラッド部、1cはコア部1aに設けた屈折率変調形の傾斜ブラッググレーティング、2は石英ガラス等による透明な支持基板、2aは光ファイバ素線1を支持するためのV溝、2bは長波長通過フィルタ、2cは屈折率分布型の集光レンズ(例えばセルフフォーカスレンズ)、3は受光素子(例えばカンパパッケージのフォトダイオード)、4は石英ガラス等による透明な上部基板、4aは無反射膜、5は透明な接着剤である。

【0035】なお、例えば光ファイバ素線1が石英ガラスからなる場合は、好ましくはそのクラッド部1b、支持基板2、上部基板4及び接着材5の各屈折率を共に同一に選ぶ。支持基板2上に彫られたV溝2aの上にファイバ素線1を搭載し、これを接着剤5で固定する。その際には、ファイバ素線1の外周面とV溝2aとの間に空気層が残らない様に、隙間に十分に接着剤5を充填する。更に、支持基板2の下面の傾斜ブラッググレーティング1cからの分岐光 $\phi_{li}$ を受光する位置に受光素子3

を固定する。この場合に、一般にグレーティング1cからの分岐光 $\phi_{1i}$ はコア部1aから遠ざかるに従ってビームが広がる傾向にあるので、受光素子3との結合効率を低下させないため、必要なら支持基板2における受光素子3の側にイオン交換法等により屈折率分布型の集光レンズ2cを設ける。更に、光増幅器等による励起波長(1.48 $\mu$ m等)を阻止する必要がある場合には、例えば支持基板2の下面の受光素子3の手前側に励起波長1.48 $\mu$ mを阻止するための長波長通過フィルタ2bを蒸着法等により設ける。

【0036】一方、ファイバ素線1の上側には、例えば矩形状の上部基板4をファイバ素線1の軸の回りで例えば受光素子3の受光面に対して30度程度傾斜するように接着剤5で固定する。その際には、ファイバ素線1の外周面と上部基板4との間に空気層が存在しないように、接触面の周囲に接着剤5を十分に充填する。好ましくは、上部基板4の上面に無反射膜4aを蒸着法等により形成し、不用光 $\phi_2$ が受光素子3の側に反射しないようにする。

【0037】なお、上部基板4そのものをプリズム形状となし、かつ該上部基板4の下面にファイバ素線1に嵌め込むためのV溝を形成しても良い。また上部基板4の上側端面は、図示の如くファイバ素線1の軸の回りに傾斜していても良いし、及び又は軸方向に傾斜していても良い。また、上記長波長通過フィルタ2bに代えて、無反射膜、短波長通過フィルタ膜又は帯域通過フィルタ膜等の各種光学膜を形成しても良い。

【0038】係る構成によれば、入射端からの信号光 $\phi_i$ はその一部が分岐光 $\phi_{1i}$ となって受光素子3により検出され、残りの信号光 $\phi_o$ は出射端に導かれる。また、傾斜ブラッググレーティング1cにより上部基板4の側に放射される様な不用光 $\phi_2$ は該上部基板4の上側端面より外部に放射(屈折)され、又は受光素子3とは異なる方向に反射される。

【0039】図4は第2の実施の形態による光モニタデバイスを説明する図で、上記屈折率分布型の集光レンズ2cに代えて、球状の集光レンズ6bを備える場合を示している。支持基板2の下面に凹部6aを設け、ここに透明な集光レンズ6bを挿入する。従って、簡単な加工により分岐光 $\phi_{1i}$ を受光素子に効率良く集光できる。なお、集光レンズ6bに代えて、支持基板2の下面そのものをシリンドリカルレンズ状に加工しても良い。またこの例では長波長通過フィルタ膜2bが支持基板2の中間に設けられている。

【0040】図5は第3の実施の形態による光モニタデバイスを説明する図で、光ファイバ素線1の上下に夫々受光素子を備える場合を示している。図において、12は石英ガラス等による透明な上側の支持基板、12aは光ファイバ素線1を挟み込むためのV溝、12bは長波長通過フィルタ、12cは屈折率分布型の集光レンズ、

13は受光素子、5は透明な接着剤である。光ファイバ素線1の上側の構成は下側の構成と対称的に構成されている。

【0041】係る構成によれば、入射端からの信号光 $\phi_i$ はその一部が分岐光 $\phi_{1i}$ となって受光素子3により検出され、残りの信号光 $\phi_o$ は出射端に導かれる。一方、出射端からの戻り信号光 $\phi_r$ はその一部が分岐光 $\phi_{1r}$ となって受光素子13により検出され、残りの戻り信号光は入射端に導かれる。従って、信号光 $\phi_i$ の分岐光 $\phi_{1i}$ と戻り信号光 $\phi_r$ の分岐光 $\phi_{1r}$ とを夫々独立に検出でき、光モニタデバイスの用途が広がる。

【0042】図6は第4の実施の形態による光モニタデバイスを説明する図で、支持基板2の上面に、上記光ファイバ素線1に代えて、平板状の光導波層7を備える場合を示している。図において、2は支持基板、2bは長波長通過フィルタ、2cは屈折率分布型の集光レンズ、7は光導波層、7aは二次元又は三次元の光導波路、7bは光導波路左右のクラッド層、7cは光導波路7aに設けられた傾斜ブラッググレーティング、8は上部基板、8aは無反射膜である。

【0043】なお、光導波層7については、光ファイバの如く石英ガラス等が一般的とは限らないので、支持基板2や上部基板8等をシリコン等の半導体基板とできる。また、傾斜ブラッググレーティング8cは上記図2(A)で説明したと同様に形成出来る。更に、この上部基板8はプリズム形状をしており、光導波層7の上面に設けられる。上部基板8の上側端面は受光素子3の受光面に対して傾斜しており、これにより光導波層7の上側に向かう不用光 $\phi_2$ は外部に放射(屈折)され、又は受光素子3とは異なる方向に反射される。

【0044】図7は第5の実施の形態による光モニタデバイスを説明する図で、図6の上部基板8に代えて、光導波層7の上下に夫々受光素子を備える場合を示している。図において、12は上側の支持基板、12bは長波長通過フィルタ、12cは屈折率分布型の集光レンズ、13は受光素子、5は接着剤である。光導波層7の上側の構成は下側の構成と対称的に構成されている。従って、上記図5の場合と同様に信号光 $\phi_i$ の分岐光 $\phi_{1i}$ と戻り信号光 $\phi_r$ の分岐光 $\phi_{1r}$ とを夫々独立に検出でき、光モニタデバイスの用途が広がる。

【0045】図8は第6の実施の形態による光モニタデバイスを説明する図で、支持基板9と上部基板19内に夫々受光素子3、13を形成した場合を示している。図において、受光素子3は、n型InPの素子基板9a上にプレーナ技術により積層されたn<sup>+</sup>型InPバッファ層9bと、非ドープInGaAs光吸収層9c(光吸収層)と、n<sup>-</sup>型InP層9dと、かつ該n<sup>-</sup>型InP層9dにZnが拡散された2つのp型InP拡散領域9e、9fとを備え、更に、このp型InP拡散領域9e、9fの各表面にAu/Zn/Au層を順次蒸着した

後、加熱処理することで、金属とのオーミック接続可能なp電極10(+,-)が形成される。

【0046】かかる構成では、 $n^+$ 型InPバッファ層9bを共通として、p型InP拡散領域9e、9fとの間に2つのpinダイオードD1、D2が形成される。この場合に、ダイオードD1は順バイアスされ、電流の供給源となる。一方、ダイオードD2は逆バイアスされ、光検出部(ホトダイオード)PDとなる。受光素子13の構成も同様であり、各対応する構成の番号の上位桁に1を付加して表している。これらの受光素子を中間の光導波層7の上下に設ける。

【0047】係る構成では、入射端からの信号光 $\phi_i$ はその一部が分岐光 $\phi_{li}$ となって受光素子3により検出され、残りの信号光 $\phi_o$ は出射端に導かれる。一方、出射端からの戻り信号光 $\phi_r$ はその一部が分岐光 $\phi_{lr}$ となって受光素子13により検出され、残りの戻り信号光は入射端に導かれる。図9は実施の形態による光送信装置を説明する図で、本発明による光モニタデバイスの一応用例を示している。図において、31は光源用レーザダイオード(LD)、32はマッハツエンダ(MZ)光変調器、33は光検出部(MD)、34は光コネクタ30の出力開放検出部である。ここで、光検出部33としては、図5、図7、図8に示す両方向検出形の光モニタデバイスを1つ使用しても良いし、又は図3、図4、図6に示す片方向検出形の光モニタデバイスを逆向きに直列接続して使用しても良い。他の構成は図11(A)と同様で良い。

【0048】光源用LD31のレーザ光はMZ変調器32でデータ信号DATAにより変調され、信号光となる。該信号光はEDF23で光増幅され、光検出部33を介して光コネクタ29に出力される。通常は、光コネクタ29には光ファイバケーブル30が接続されており、出力の信号光は光伝送路(不図示)に送出される。この状態で、光検出部33は信号光の一部を分岐し、分岐光の光強度に比例するモニタ信号MS<sub>i</sub>を出力する。APC27は上記図11(A)で述べたと同様に信号光の出力一定制御を行い、こうして光ファイバケーブル30に一定出力の信号光が送出される。また、この状態では光コネクタ29からの戻り光は無く、よって光検出部33の他方のモニタ信号MS<sub>r</sub>(検出電流I<sub>p</sub>)は小さく、オペアンプAMPの出力電圧も小さい。従って、コンパレータCMPの出力はLOWレベルとなり、励起用LD28は付勢された状態にある。

【0049】しかし、例えば保守者が誤って光ファイバケーブル30を外してしまうと、光コネクタ29の端面で反射された戻り光が光検出部33に逆方向から入力する。これにより、光検出部33の他方のモニタ信号MS<sub>r</sub>には戻り光の光強度に比例した検出電流I<sub>p</sub>が流れ、これによりオペアンプAMPの出力電圧は上昇する。そして、該電圧が所定閾値THを越えると、コンパレータ

CMPの出力はHIGHレベルとなり、これにより励起用LD28は消勢される。なお、同時に光源用LD31を消勢しても良い。これにより、光コネクタ29の出力信号光は大幅に低下(又は停止)し、保守者の安全が図られる。

【0050】図10は実施の形態による光モニタデバイスの他の応用例を説明する図で、図において、35<sub>1</sub>~35<sub>3</sub>は上記各実施の形態による光モニタデバイスである。但し、各デバイス35<sub>1</sub>~35<sub>3</sub>におけるブラッグ条件は異なっている。この様な各デバイス35<sub>1</sub>~35<sub>3</sub>は連続した1本の光ファイバ1上に構成しても良く、又は各光ファイバ素線からなる各デバイス35<sub>1</sub>~35<sub>3</sub>を直列に接続しても良い。

【0051】今、入力信号 $\phi_i$ が波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の光波長多重信号 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ であるとする、光モニタデバイス35<sub>1</sub>は波長 $\lambda_1$ の分岐光 $\phi_{lia}$ を検出して対応するモニタ信号MS<sub>ia</sub>を出力し、光モニタデバイス35<sub>2</sub>は波長 $\lambda_2$ の分岐光 $\phi_{lib}$ を検出して対応するモニタ信号MS<sub>ib</sub>を出力し、そして光モニタデバイス35<sub>3</sub>は波長 $\lambda_3$ の分岐光 $\phi_{lic}$ を検出して対応するモニタ信号MS<sub>ic</sub>を出力する。従って、この場合の各モニタ信号MS<sub>ia</sub>~MS<sub>ic</sub>を波長毎の出力一定制御に利用できる。また、各傾斜ブラッググレーティング1cの光軸方向の長さを夫々十分に長くすれば、波長毎の各導波光パワーの大部分を分岐光 $\phi_{lia} \sim \phi_{lic}$ に分岐させて、これらを検出できる。従って、この場合の各モニタ信号MS<sub>ia</sub>~MS<sub>ic</sub>は光波長多重通信における波長分波検出信号として利用できる。

【0052】なお、上記各実施の形態ではエルビウムドープファイバ23による光増幅器への応用例を述べたが、本発明による光モニタデバイスは半導体光増幅器にも適用できる。また、上記本発明に好適なる複数の実施の形態を述べたが、本発明思想を逸脱しない範囲内で各部の構成、制御、及びこれらの組合せの様々な変更が行えることは言うまでも無い。

#### 【0053】

【発明の効果】以上述べた如く本発明によれば、傾斜ブラッググレーティングを有するグレーティングファイバと受光素子との組合せによる光モニタ構造により、主信号ラインにおける特定の導波光(進行波又は逆行波等)の一部又は全部を高精度で検出できる光モニタデバイスを小型、かつ安価に提供できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理的構成図である。

【図2】実施の形態によるブラッググレーティングファイバを説明する図である。

【図3】第1の実施の形態による光モニタデバイスを説明する図である。

【図4】第2の実施の形態による光モニタデバイスを説明する図である。



【図 5】第 3 の実施の形態による光モニタデバイスを説明する図である。

【図 6】第 4 の実施の形態による光モニタデバイスを説明する図である。

【図 7】第 5 の実施の形態による光モニタデバイスを説明する図である。

【図 8】第 6 の実施の形態による光モニタデバイスを説明する図である。

【図 9】実施の形態による光送信装置を説明する図である。

【図 10】実施の形態による光モニタデバイスの他の応用例を説明する図である。

【図 11】従来技術を説明する図 (1) である。

【図 12】従来技術を説明する図 (2) である。

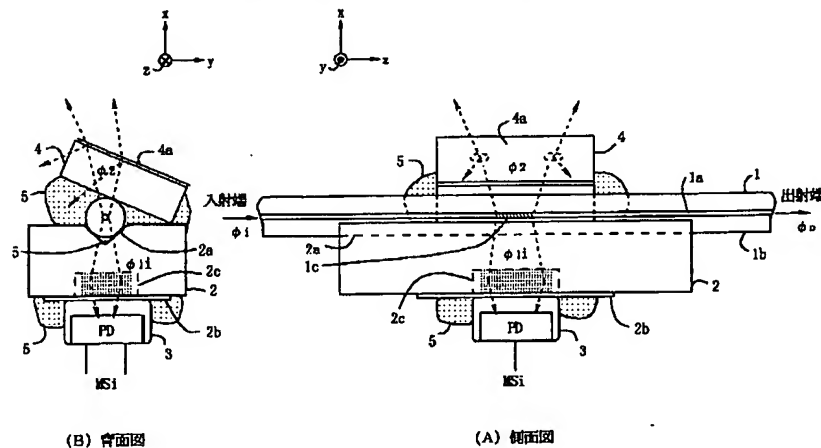
#### 【符号の説明】

- 1 光ファイバ素線
- 1 a コア部
- 1 b クラッド部
- 1 c 傾斜ブラッググレーティング
- 2 支持基板
- 2 a V 溝
- 2 b 長波長通過フィルタ
- 2 c 屈折率分布型レンズ
- 3 受光素子
- 4 上部基板
- 4 a 無反射膜
- 5 接着剤
- 6 a 凹部
- 6 b 集光レンズ
- 7 光導波路

- 7 a 光導波路
- 7 b クラッド層
- 7 c 傾斜ブラッググレーティング
- 8 上部基板
- 8 a 無反射膜
- 12 支持基板
- 12 a V 溝
- 12 b 長波長通過フィルタ
- 12 c 屈折率分布型レンズ
- 10 13 受光素子
- 21 光カプラ
- 22 光アイソレータ (I)
- 23 エルビウムドープファイバ (EDF)
- 24 光バンドパスフィルタ (BPF)
- 25 ビームスプリッタ (BS)
- 26 フォトダイオード (PD)
- 27 自動利得制御部 (APC)
- 28 励起用レーザダイオード (LD)
- 29 ファイバコネクタ
- 20 30 ファイバケーブル
- 31 光源用レーザダイオード (LD)
- 32 マッハツェンダ (MZ) 光変調器
- 33 光検出部 (MD)
- 34 出力開放検出部
- 35 光モニタデバイス
- 41 ファイバ融着カプラ
- 42 ファイバスプライス部
- 43 光コネクタ部
- 44 集光レンズ

#### 【図 3】

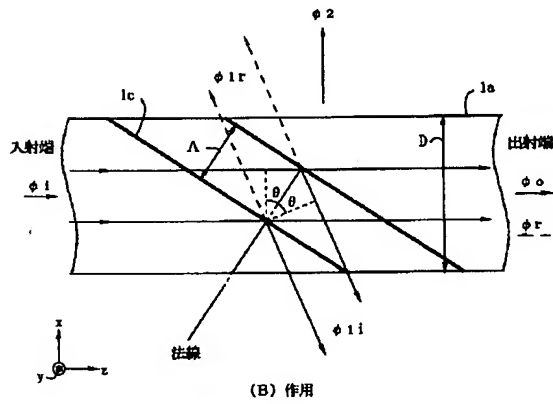
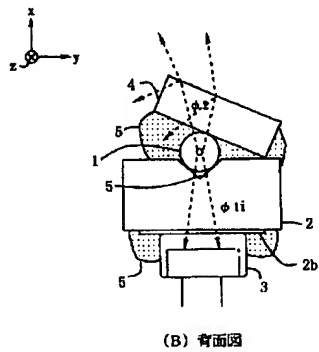
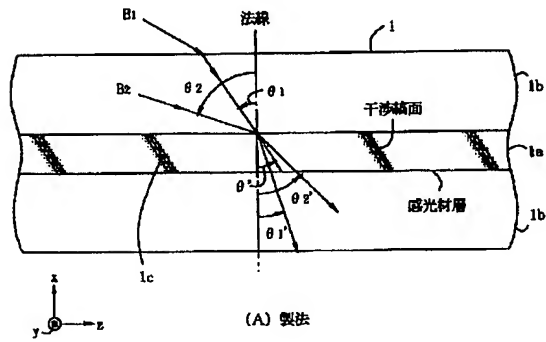
第 1 の実施の形態による光モニタデバイスを説明する図



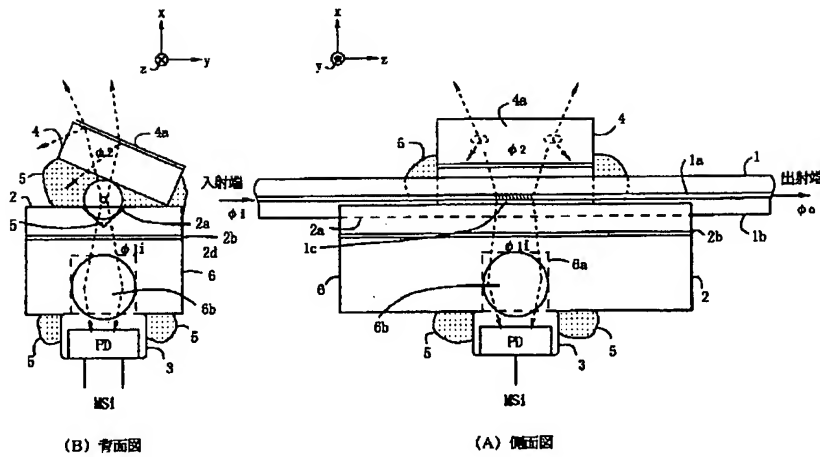


【图2】

実施の形態によるブラッググレーティングファイバを説明する図

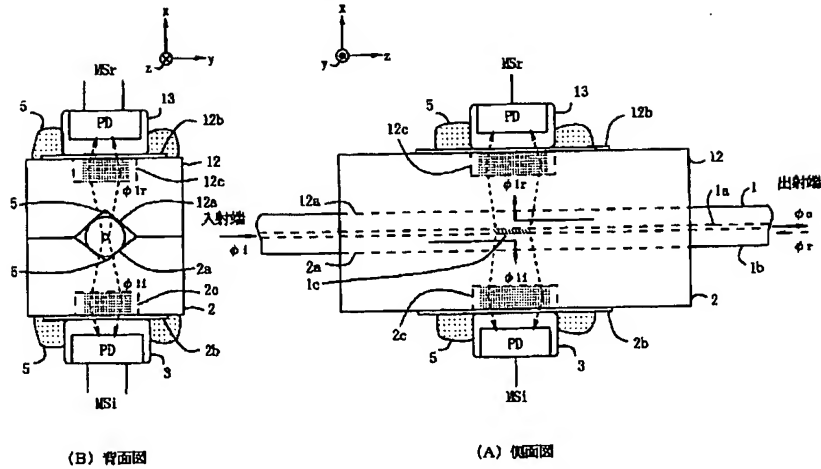


第2の実施の形態による光モニタデバイスを説明する図



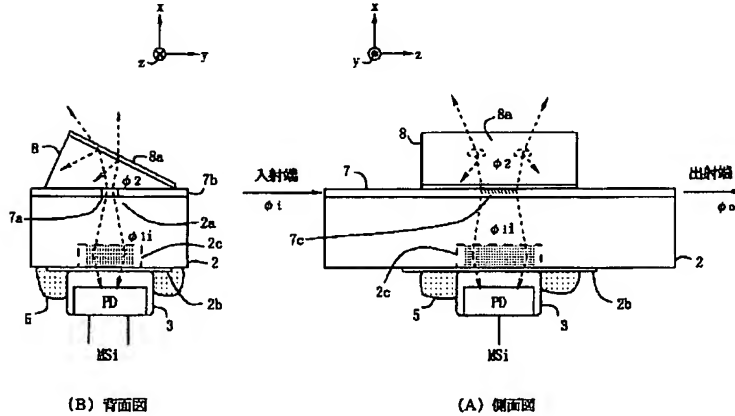
【図 5】

第 3 の実施の形態による光モニタデバイスを説明する図



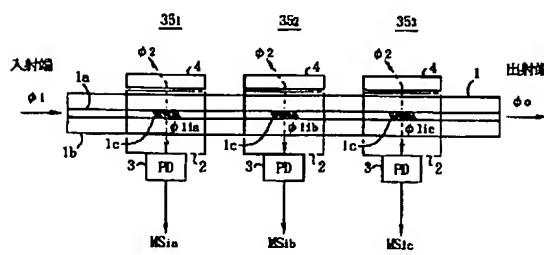
【図 6】

第 4 の実施の形態による光モニタデバイスを説明する図



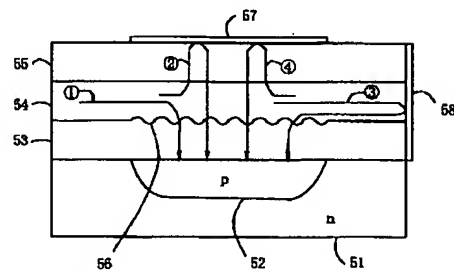
【図 10】

実施の形態による光モニタデバイスの他の応用例を説明する図



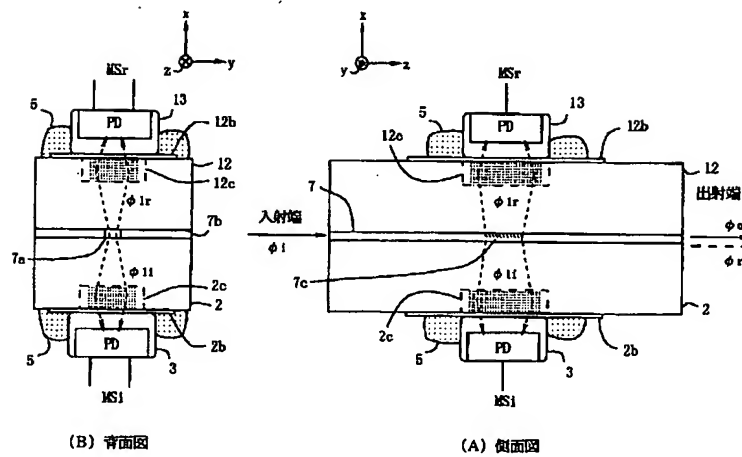
【図 12】

従来技術を説明する図 (2)



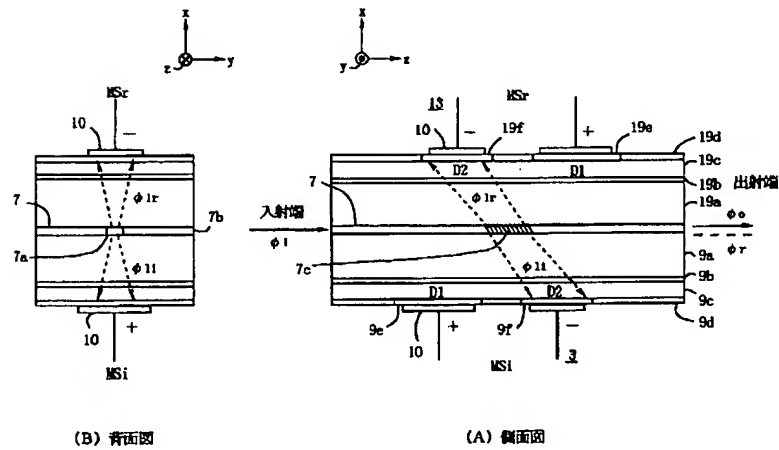
【図7】

第5の実施の形態による光モニタデバイスを説明する図

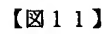


【図8】

第6の実施の形態による光モニタデバイスを説明する図

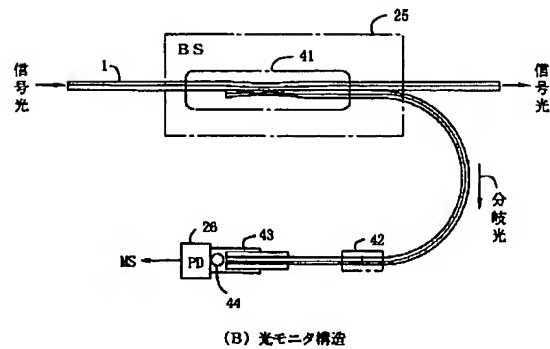


実施の形態による光送信装置を説明する図



(A) 光増幅器

### (A) 光增幅器



### (B) 光モニタ構造

フロントページの続き

(72)発明者 磯野 秀樹

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番

1 号 富士通株式会社内

(72)発明者 池田 誠一

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番

1 号 富士通株式会社内